

**PENGARUH SISTEM PENGETANAHAN TERHADAP ARUS  
GANGGUAN TANAH PADA SISTEM DISTRIBUSI 20 kV DI PLN PALUR  
DENGAN MENGGUNAKAN ETAP 12.6**



**PUBLIKASI ILMIAH**

Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada Jurusan

Teknik Elektro

Fakultas Teknik

Oleh:

**MOHAMMAD PANGERAN ALFIDIN**

**D 400 120 054**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

**2016**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**PENGARUH SISTEM PENGETANAHAN TERHADAP ARUS GANGGUAN  
TANAH PADA SISTEM DISTRIBUSI 20 kV DI PLN PALUR DENGAN  
MENGUNAKAN ETAP 12.6**

**PUBLIKASI ILMIAH**

oleh:

**MOHAMMAD PANGERAN ALFIDIN**

**D 400 120 054**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing  
  
**AGUS SUPARDI, S.T., M.T**  
**NIK. 883**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**PENGARUH SISTEM PENGETANAHAN TERHADAP ARUS GANGGUAN  
TANAH PADA SISTEM DISTRIBUSI 20 KV DI PLN PALUR DENGAN  
MENGUNAKAN ETAP 12.6**

**OLEH**

**MOHAMMAD PANGERAN ALFIDIN**

**D 400 120 054**

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Pada hari Sabtu, 16 April 2016  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

**Dewan Penguji:**

- |  |         |
|--|---------|
| 1. Agus Supardi, S.T., M.T<br>(Dewan Pembimbing)   | (.....) |
| 2. Umar, S.T., M.T<br>(Dewan Penguji I)            | (.....) |
| 3. Hasyim Asy'ari, S.T., M.T<br>(Dewan Penguji II) | (.....) |

**Dekan,**



**Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D**

**NIK. 682**

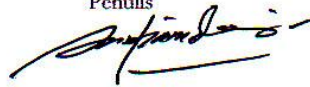
## **PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidak benaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 25 April 2016

Penulis



**MOHAMMAD PANGERAN ALFIDIN**

D 400 120 054

# **PENGARUH SISTEM PENGETANAHAN TERHADAP ARUS GANGGUAN TANAH PADA SISTEM DISTRIBUSI 20 KV DI PLN PALUR DENGAN MENGGUNAKAN ETAP 12.6**

Mohammad Pangeran Alfidin

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Muhammadalfidin@yahoo.co.id

Agus Supardi

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Agus.Supardi@ums.ac.id

## **Abstrak**

PT. PLN Rayon Palur adalah perusahaan listrik yang bergerak dalam bidang penyaluran energi listrik dan pemeliharaan jaringan listrik ke konsumen. Dalam proses penyaluran energi listrik sering kali terjadi gangguan listrik, salah satu gangguan yang terjadi adalah gangguan tanah. Gangguan tanah terdiri dari arus gangguan tanah satu fasa ke tanah dan dua fasa ke tanah. Arus gangguan tanah akan mengakibatkan terjadinya perubahan setting relay pengaman gangguan tanah yaitu GFR ( *Ground Fault Relay* ). Untuk mengatasi hal tersebut perlu dilakukan analisis gangguan tanah. Penelitian ini akan melakukan analisis pengaruh sistem pengetanahan terhadap arus gangguan tanah. Penelitian dimulai dengan melakukan studi literature, pengambilan data, pemodelan jaringan tegangan 20 kV kedalam ETAP, analisis hasil simulasi gangguan tanah, serta membuat kesimpulan dari hasil analisis yang dilakukan. Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh dari jenis impedansi pengetanahan, nilai impedansi pengetanahan, serta lokasi gangguan tanah terhadap arus gangguan tanah. Untuk jenis pengetanahan solid diperoleh arus gangguan tanah yang paling besar dibanding pengetanahan dengan resistor dan reaktor. Semakin kecil nilai impedansi pengetanahannya maka arus gangguan tanahnya semakin besar. Semakin jauh lokasi gangguan tanah maka arus gangguan tanahnya akan semakin kecil dan semakin dekat lokasi gangguan tanahnya maka tegangan gangguan tanahnya semakin kecil. Untuk settingan waktu GFR di *incoming* jaringan 150 kV sebesar 0.2527 detik dan settingan waktu GFR di *outgoing* jaringan 20 kV sebesar 0.3229 detik di Penyulang Palur 19.

**Kata Kunci:** Gangguan tanah, GFR, ETAP 12.6, Impedansi Pengetanahan.

## **Abstract**

PT. PLN Rayon Palur is the electric company which is engaged in distribution of electrical energy and maintenance of the electrical grid to consumers. In the process of distribution of electrical energy, a fault is often recurred, one of them is a ground fault. Ground fault consisting of single phase to ground fault and two phase to ground fault. Ground fault current will changes the settings of ground fault relay ( GFR ). To overcome this, it is necessary to analyze ground fault. This research will analyze the influence of grounding system to ground fault currents, this research began by studying literature, data collection, modeling of 20 kV distribution network with ETAP, analysis of ground fault, make conclusions from the analysis performed. The results showed there is influence of the type of grounding, the values of grounding impedance, and the location of ground fault to the ground fault current. Type of ground solid gained ground fault current value is large, because without enter an impedance value. The smaller the impedance the large the ground fault current. The farther the location the smaller the ground fault current smaller and the closer the location the smaller the ground fault voltage. The time setting of GFR in the incoming 150 kV network is 0.2527 seconds and the time setting of GFR in outgoing network of 20 kV is 0.3229 seconds at Palur 19 feeder.

**Keywords:** Soil Disturbance, GFR, ETAP 12.6, Impedance Of Ground.

## **1. PENDAHULUAN**

Kebutuhan hidup manusia tak luput akan energi listrik. Energi listrik yang dibangkitkan dari pusat pembangkit listrik telah memberikan pengaruh besar terhadap energi yang dialirkan ke pusat beban yang berupa beban rumah tangga, industri dan pusat beban lainnya melalui jaringan interkoneksi. Sistem jaringan terdiri dari unit pembangkitan dan unit distribusi. Susunan dan pengoperasian jaringan sistem pembangkitan energi listrik sampai dengan sistem distribusi listrik ini yang disebut dengan sistem tenaga listrik yaitu suatu proses dimana energi listrik yang dihasilkan dari pusat - pusat

pembangkit listrik dan kemudian energi listrik yang dihasilkan disalurkan lewat jaringan - jaringan transmisi menuju ke gardu induk (GI) dan kemudian didistribusikan ke pusat beban (konsumen). Energi listrik yang disalurkan ke pusat – pusat beban dimungkinkan akan terjadi gangguan – gangguan listrik antara lain *over voltage*, *over load* dan *short circuit* dari proses pembangkitan sampai dengan distribusi.

Hubung singkat adalah terjadinya hubungan antara kawat penghantar bertegangan dengan kawat penghantar bertegangan atau kawat penghantar netral (*ground*) dengan kawat penghantar bertegangan secara langsung. Analisis gangguan hubung singkat diperlukan untuk mempelajari sistem - sistem tenaga listrik baik dalam waktu perencanaan maupun setelah pengoperasian.

Gangguan tanah merupakan gangguan yang paling sering terjadi pada sistem tenaga listrik dan dapat berakibat fatal pada sistem. Gangguan tanah terjadi akibat adanya tegangan induksi kumparan-kumparan trafo atau pembangkit terhadap struktur logam disekitarnya, adanya arus bocor akibat gangguan sistem isolasi (*breakdown isolation*) antar bagian bertegangan sehingga terjadi hubung singkat, serta adanya kenaikan tegangan mendadak akibat surja hubung atau surja petir. Gangguan sebagian besar gangguan tanah tidak simetri terjadi pada jaringan.

Arus hubung singkat asimetri adalah salah satu gangguan yang paling sering terjadi di dalam sistem tenaga listrik. Proses transien menjadi lebih kompleks dengan adanya urutan negatif yang ada dalam komponen asimetri (ouyang et al., 2016). Sistem komponen simetris dapat digunakan untuk analisis operasi simetris dan asimetris dari sistem tenaga (Ailson et al., 2015). Sistem tenaga adalah sistem skala besar terdiri atas dari unit pembangkit menghubungkan jaringan transmisi dan distribusi. Gangguan sebagian besar tidak simetri sering terjadi di jalur jaringan. Gangguan asimetri menyebabkan gangguan berarti dari pembangkit dan membuat tidak stabil seluruh sistem jika tidak terdeteksi dan terisolasi didekat real timenya. (Saha et al., 2013).

Pada saat terjadi gangguan, arus melebihi nilai normal biasanya akan mengalir melalui elemen jaringan. Arus yang sangat tinggi, pada saat terjadi gangguan dapat menyebabkan kerusakan serius pada peralatan. Peneliti telah mengamati bahwa 80% dari gangguan penyaluran energi listrik terjadi karena gangguan dalam sistem distribusi (Akhilesh et al., 2015). Gangguan tunggal terjadi pada satu lokasi dalam jaringan, sementara itu gangguan ganda terjadi di beberapa lokasi secara bersamaan. Menyederhanakan gangguan hanya melibatkan satu jenis gangguan seperti fasa ke tanah, fasa ke fasa dan dua fasa ke tanah. Gangguan kompleks melibatkan kombinasi dari menyederhanakan gangguan yang mungkin terjadi secara bersama dalam jaringan (talaq, 2011). Berdasarkan hal tersebut penulis mencoba untuk menulis skripsi yang berjudul " Pengaruh Sistem Pengetanahan Terhadap Arus Gangguan Tanah Pada Sistem Distribusi 20 kV Di PT.PLN Palur Dengan Menggunakan ETAP 7.5 "

### 1.1 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan masalah yang dikaji dalam penelitian ini adalah:

1. Berapa besar arus gangguan tanah pada jaringan tegangan menengah 20 kV di PT. PLN (Persero) Rayon Palur ?
2. Berapa besar tegangan saat terjadi gangguan tanah pada jaringan tegangan menengah 20 kV di PT. PLN (Persero) Rayon Palur ?
3. Bagaimana settingan GFR (*Ground Fault Relay*) pada jaringan tegangan menengah 20 kV di PT. PLN (Persero) Rayon Palur ?

### 1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang dikaji maka penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui berapa besar arus gangguan tanah pada jaringan tegangan menengah 20 kV di PT. PLN (Persero) Rayon Palur.
2. Mengetahui berapa besar tegangan saat terjadi gangguan tanah pada jaringan tegangan menengah 20 kV di PT. PLN (Persero) Rayon palur.
3. Mengetahui bagaimana settingan GFR (*Ground Fault Relay*) pada jaringan tegangan menengah 20 kV di PT. PLN (Persero) Rayon Palur.

### 1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan pada penelitian ini antara lain adalah:

1. Menambah pengetahuan pada bidang elektro khususnya dibidang sistem tenaga listrik dalam hal pemanfaatan software ETAP 12.6 untuk menganalisis arus gangguan tanah pada sistem distribusi 20 kV.
2. Dapat mengetahui bagaimana menganalisis suatu sistem jaringan listrik tegangan menengah 20 kV dengan menggunakan ETAP 12.6.
3. Menambah ilmu pengetahuan tentang arus gangguan tanah pada jaringan distribusi 20 kV di PLN Palur.

## **2. METODE**

Penelitian ini dengan judul pengaruh sistem pengetanahan terhadap arus gangguan tanah pada sistem distribusi 20 kV di PLN Palur dengan menggunakan ETAP 12.6. Penelitian ini dilakukan di PT. PLN Rayon Palur dan dapat diselesaikan dalam waktu 4 bulan. Penelitian ini dilakukan dengan tahap – tahapan dari proses studi literature, pengumpulan data, pengolahan data, pemodelan jaringan kedalam ETAP, analisis hasil, serta kesimpulan.

### **2.1 Studi Literatur**

Studi Literatur merupakan kajian penulis dalam pencarian data - data atas referensi – referensi yang ada, baik berupa buku maupun karya – karya ilmiah orang lain yang berhubungan dengan penulisan laporan ini, yang nantinya bisa digunakan sebagai pedoman dalam hal analisis pengaruh sistem pengetanahan terhadap arus gangguan tanah pada sistem distribusi 20 kV.

### **2.2 Pengumpulan Data**

Pengumpulan data dilakukan dengan pengambilan data jaringan tegangan menengah 20 kV di PT. PLN Palur. Data yang diperoleh antara lain: *single line* diagram jaringan menengah 20 kV penyulang palur 19, data trafo, data beban, dan data penghantar. Selanjutnya data tersebut digunakan sebagai dasar perhitungan arus gangguan tanah dengan *software* ETAP 12.6.

### **2.3 Pengolahan Data**

Pengolahan data bertujuan untuk mengelompokkan data dari survey lapangan sebelum melakukan pemodelan jaringan tegangan menengah 20 kV ke dalam ETAP 12.6.

### **2.4 Pemodelan jaringan sistem tenaga listrik 20 kV ke dalam program ETAP 12.6**

Tahapan ini bertujuan untuk memodelkan sebuah sistem tenaga listrik yang bisa berjalan sesuai dengan keinginan, mulai dari mensimulasikan dan menganalisis sistem tenaga listrik sesuai dengan data – data yang diperoleh.

### **2.5 Analisis hasil**

Bertujuan untuk mengamati hasil simulasi apakah sistem itu berjalan atau tidak.

### **2.6 Kesimpulan**

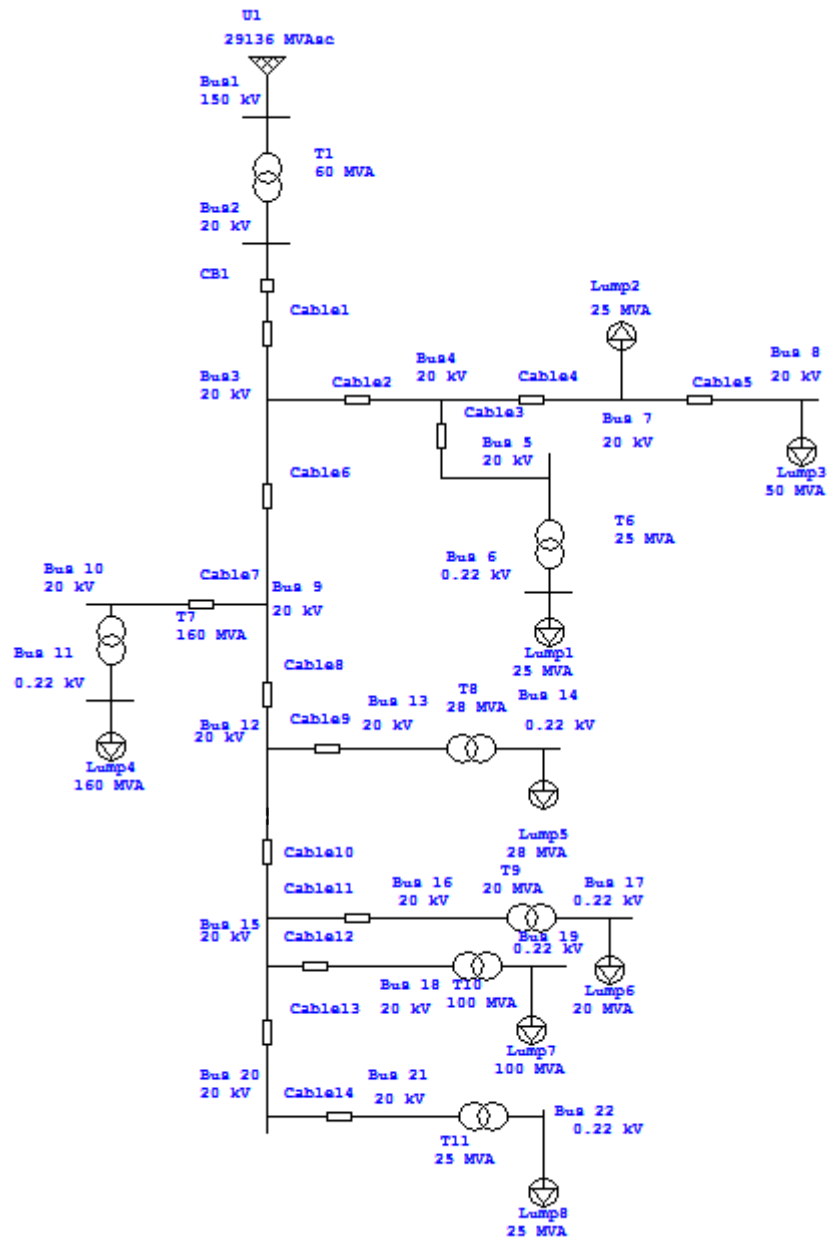
Tahapan ini adalah memberikan kesimpulan hasil analisis sistem tenaga listrik yang berupa data – data sampai hasil simulasi.

### **2.7 Alat dan bahan**

Untuk mendukung proses berjalannya penelitian ini diperlukan peralatan pendukung antara lain: laptop dan *software* *Ms. word* yang digunakan untuk mengetik laporan tugas akhir, serta *software* *ETAP power station* dan laptop yang digunakan untuk menganalisis arus gangguan tanah pada penyulang palur 19.

### **2.8 Gambar sistem distribusi 20 kV penyulang palur 19**

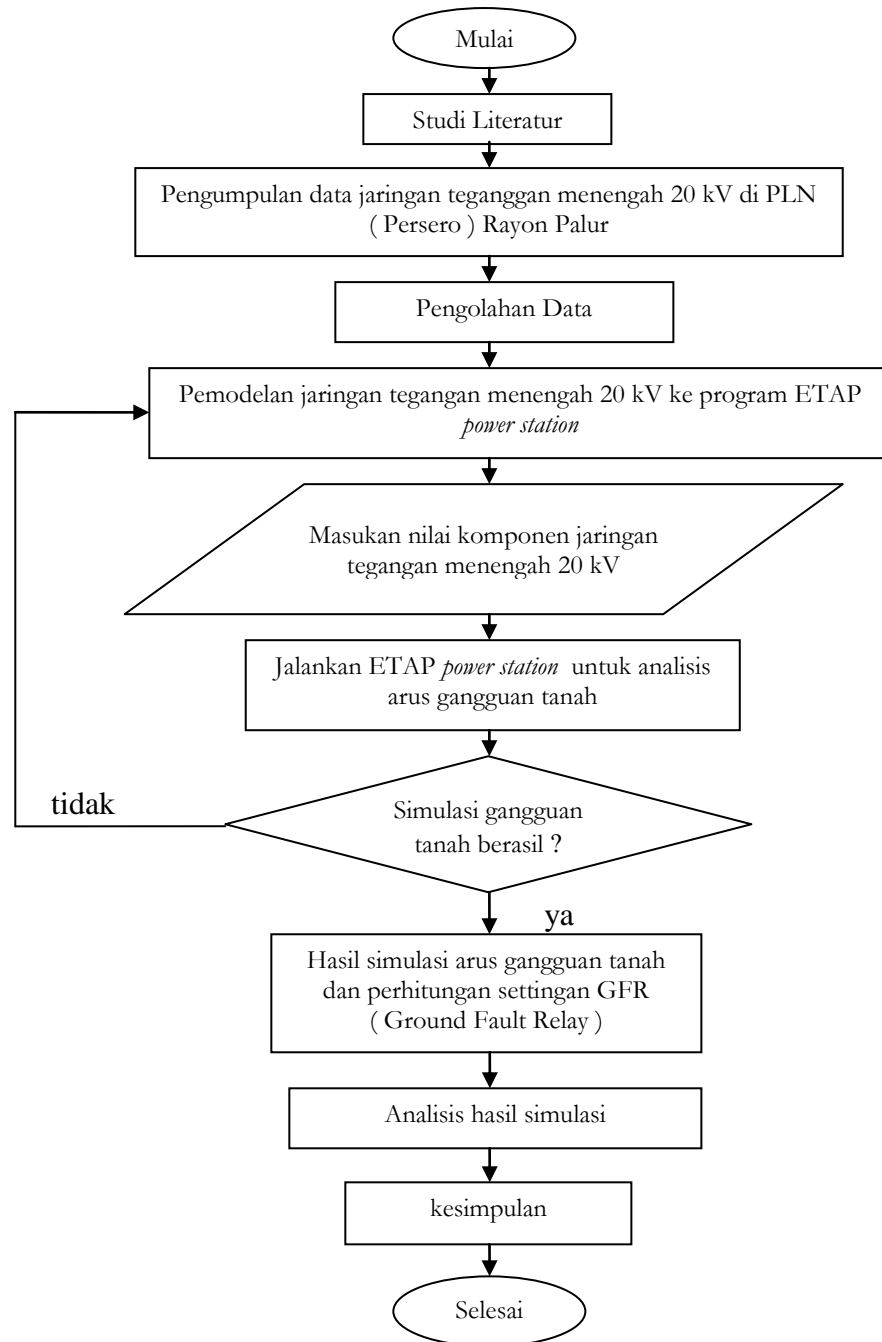
Gambar 1. adalah gambar sistem distribusi 20 kV dengan ETAP 12.6.



Gambar 1. Sistem distribusi 20 kV penyulang palur 19 dalam ETAP



## 2.6 Flowchart Penelitian



Gambar 2. Flowchart Penelitian

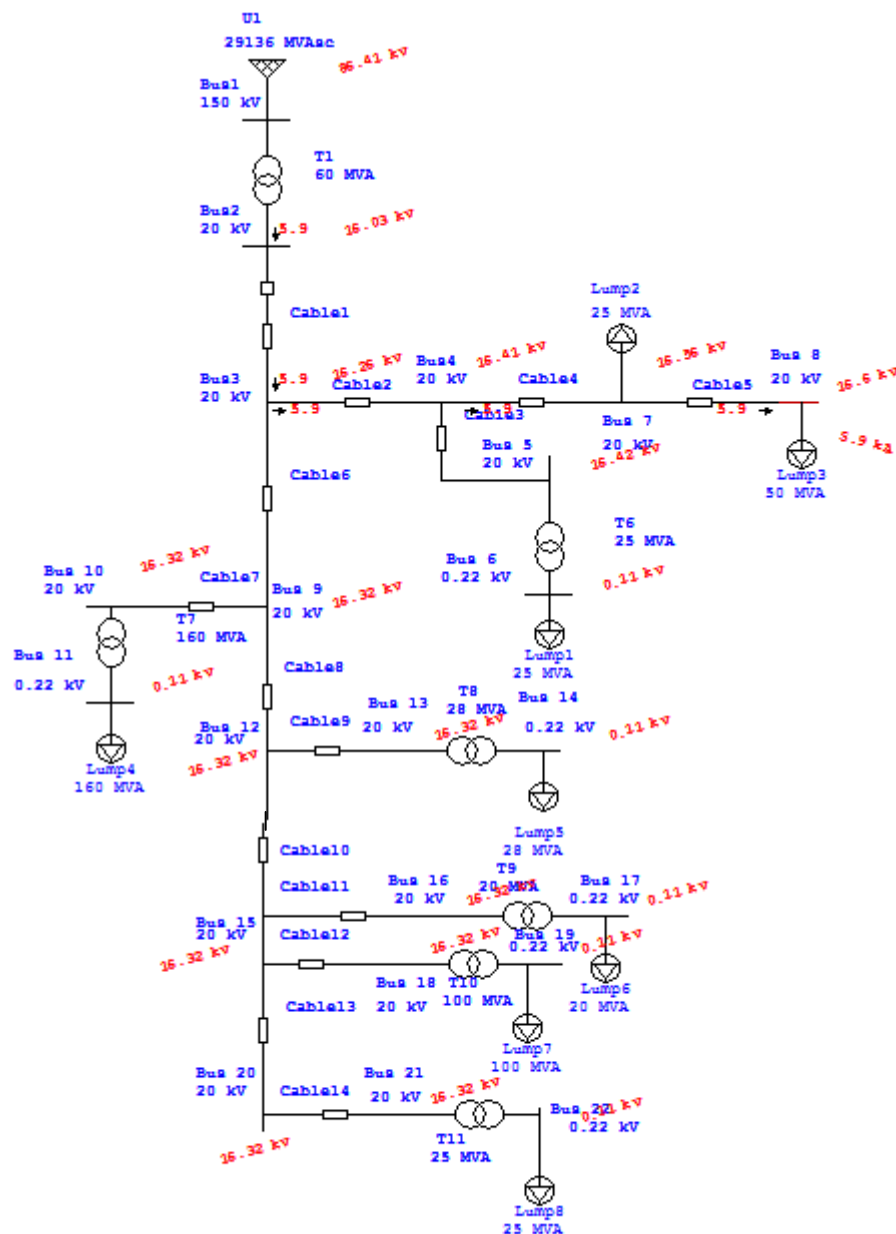
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Analisis gangguan tanah

Analisis gangguan tanah dilakukan dengan menggunakan *software* ETAP 12.6 untuk mengetahui arus gangguan tanah satu fasa ke tanah dan dua fasa ke tanah pada sistem tenaga listrik di PT. PLN Rayon Palur. Simulasi yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui pengaruh jenis pengetanahan terhadap arus gangguan tanah, pengaruh nilai impedansi pengetanahan terhadap arus gangguan tanah dan pengaruh lokasi gangguan terhadap arus gangguan tanah.

No	Jenis Pengetanahan	Impedansi Pengetanahan ( $\Omega$ )	Arus gangguan tanah ( kA )		Tegangan di bus 8 saat terjadi gangguan ( kV )	
			1 fasa	2 fasa	1 fasa	2 fasa
1	Solid	0	5.979	3.977	133.62<-138.7	133.49<0.3
2	Resistor	0.3	4.807	2.956	134.26<-146.6	138.78<-2.0
3	Reaktor	0.3	4.137	2.491	147.83<-141.7	139.82<0.8

Gambar 3 menunjukkan salah satu hasil simulasi pengaruh jenis pengetanahan terhadap arus gangguan tanah di bus 8 yaitu dengan jenis pengetanahan solid. Hasil simulasi ditunjukkan pada tabel 1. Sistem pengetanahan *solid* ( pengetanahan langsung ) adalah kawat netral sistem dihubungkan secara langsung dengan tanah, tanpa dengan memasukkan nilai suatu impedansi. Jenis pengetanahan solid ini menghasilkan arus gangguan ke tanah yang paling besar seperti ditunjukkan pada tabel 1, sehingga arus yang mengalir dapat membahayakan makhluk hidup didekatnya dan dapat merusak peralatan listrik yang dilaluinya. Pengetanahan resistor ( pengetanahan titik netral melalui tahanan ) adalah kawat netral sistem yang dihubungkan dengan tanah melalui tahanan. Jenis pengetanahan resistor dan reaktor mempunyai impedansi pengetanahan sebesar  $0.3 \Omega$ , arus gangguan tanah lebih besar jenis pengetanahan resistor dibandingkan dengan pengetanahan reaktor dengan selisih arus gangguan tanah satu fasa ke tanah sebesar  $0.67 \text{ kA}$  dan dua fasa ke tanah sebesar  $0.465 \text{ kA}$ . Ketiga jenis pengetanahan solid, resistor dan reaktor diperoleh nilai tegangan reaktor lebih besar dari pengetanahan solid dan resistor.

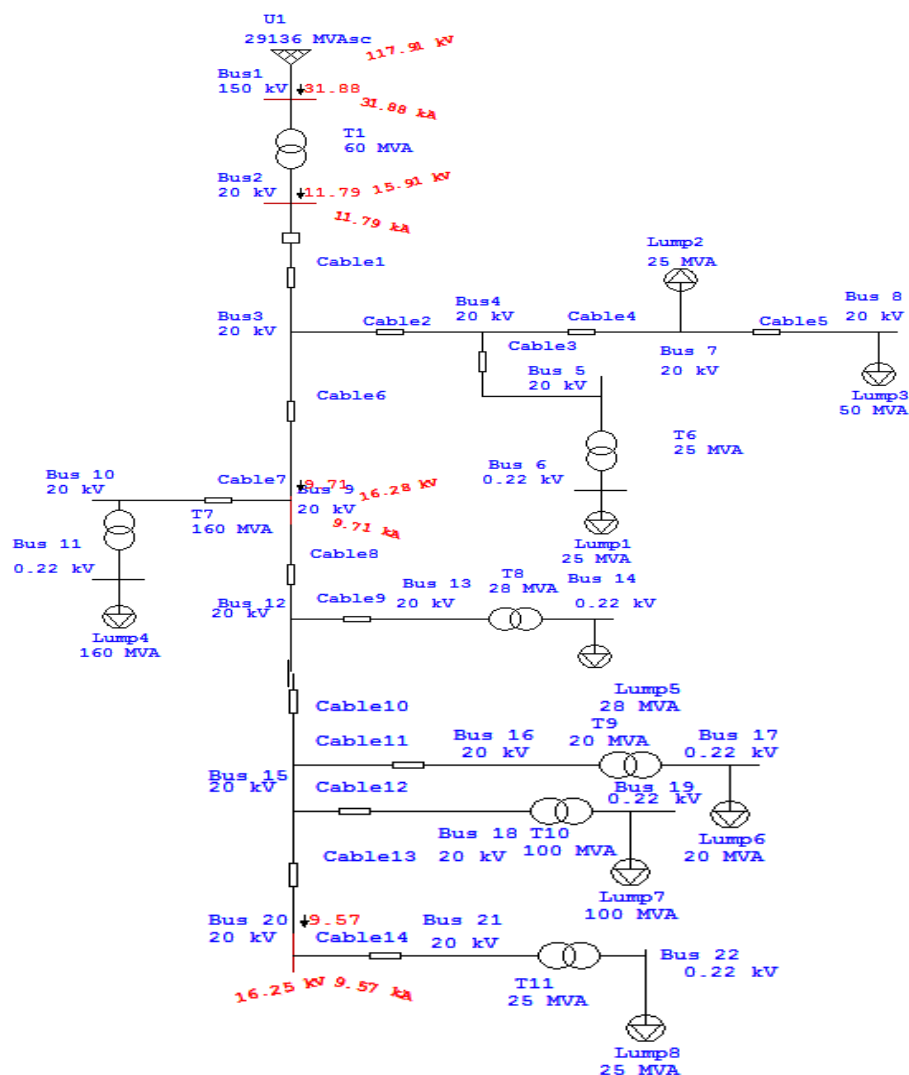


Gambar 4. Hasil simulasi pengaruh nilai impedansi dengan resistor pentanahan terhadap arus gangguan tanah di bus 8

Tabel 2. Hasil simulasi pengaruh nilai impedansi pengetanahan dengan resistor

No	Impedansi pengetanahan( $\Omega$ )	Arus gangguan tanah (kA)		Tegangan di bus 8 saat terjadi gangguan (kV)	
		1 fasa	2 fasa	1 fasa	2 fasa
1	0.1	5.615	3.654	131.97<-141.7	134.96<-0.9
2	0.3	4.807	2.956	134.26<-146.6	138.78<-2.0
3	0.5	4.075	2.386	139.36<-149.5	141.79<-2.2
4	0.7	3.480	1.967	144.38<-150.9	143.80<-2.1
5	0.9	3.011	1.600	148.56<-1516	145.14<-1.9

Gambar 4 menunjukkan salah satu hasil simulasi pengaruh nilai impedansi pengetanahan terhadap arus gangguan tanah di bus 8 yaitu dengan pengetanahan jenis resistor sebesar  $0.7 \Omega$ . Hasil simulasi pada tabel 2 menunjukkan bahwa dengan nilai impedansi pengetanahan sebesar 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9 maka didapatkan semakin kecil nilai impedansi pengetanahan maka arus gangguan tanahnya semakin besar dan sebaliknya semakin besar nilai impedansi pengetanahan maka arus gangguan tanahnya semakin kecil. Tegangan di bus yang ditunjukkan pada tabel 2 menunjukkan bahwa semakin besar impedansi pengetanahan maka tegangannya semakin besar dan sebaliknya semakin kecil nilai impedansinya maka tegangannya semakin kecil.



Gambar 5. Hasil simulasi Pengaruh lokasi gangguan tanah terhadap arus gangguan tanah dengan pengetanahan resistor

Tabel 3. Hasil simulasi pengaruh lokasi gangguan tanah terhadap arus gangguan tanah dengan pengetanahan resistor

No	Lokasi gangguan	Arus gangguan tanah ( kA )		Tegangan di bus saat terjadi gangguan ( kV )	
		1 fasa	2 fasa	1 fasa	2 fasa
1	Bus 1	16.626	10.625	140.76<-139.1	136.15<1.0
2	Bus 2	6.271	3.930	129.36<-147.2	137.82<-2.7
3	Bus 9	5.459	3.238	138.75<-148.3	140.96<-2.0
4	Bus 20	5.358	3.190	138.44<-148.0	140.74<-1.9

Gambar 5 menunjukkan salah satu hasil simulasi pengaruh lokasi gangguan tanah terhadap arus gangguan tanah dengan pengetanahan resistor sebesar 0.3  $\Omega$ . Tabel 3 menunjukkan hasil simulasi pengaruh lokasi gangguan tanah terhadap arus gangguan tanah dengan pengetanahan resistor untuk lokasi gangguan yang berbeda di jaringan 20 kV dari yang terdekat, di tengah, dan di ujung. Pada lokasi gangguan yang terdekat ( bus 1 ) diperoleh arus gangguan tanah satu fasa ke tanah sebesar 16.626 kA dan arus gangguan tanah dua fasa ke tanah sebesar 10.625 kA. Pada lokasi gangguan yang di tengah ( bus 9 ) diperoleh arus gangguan tanah satu fasa ke tanah sebesar 5.459 kA dan arus gangguan tanah dua fasa ke tanah sebesar 3.238 kA. Pada lokasi gangguan di ujung ( bus 20 ) diperoleh arus gangguan tanah satu fasa ke tanah sebesar 5.358 kA dan arus gangguan tanah dua fasa ke tanah sebesar 3.190 kA. Semakin jauh lokasi gangguan maka arus gangguan tanah semakin kecil. Semakin jauh lokasi gangguan tanah maka semakin besar tegangan gangguan tanah dua fasa ke tanah dan semakin dekat lokasi gangguan maka tegangan semakin besar.

### 3.2 Hasil perhitungan arus hubung singkat satu fasa ke tanah dan dua fasa ke tanah

Untuk perhitungan arus hubung singkat satu fasa ke tanah maupun arus hubung singkat dua fasa ke tanah data yang diperlukan adalah data impedansi, data tegangan distribusi 20 kV sebagai basis perhitungan. Impedansi satu fasa ke tanah dan dua fasa ke tanah pada lokasi gangguan tanah yang sama akan mempunyai nilai sama. Salah satu contoh impedansi yang digunakan dalam perhitungan arus hubung singkat satu fasa ke tanah dan dua fasa ke tanah adalah impedansi gangguan yang berada pada bus 9, Seperti ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Tabel nilai impedansi

Impedansi	Resistansi	Reaktansi
Z1	0.08092	j 0.23141
Z2	0.08092	j 0.23141
Z3	1.26472	j 1.09921

Perhitungan arus hubung singkat satu fasa ke tanah

Arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah dipilih di lokasi gangguan di bus 9. Data – data yang diperoleh adalah data impedansi yang ditunjukkan pada tabel 4 dan data jaringan 20 kV sebagai basis perhitungannya. Perhitungan arus hubung singkat satu fasa ke tanah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 E_a &= \frac{20}{\sqrt{3}} = 11.547 \text{ kV} \\
 I_{a1} &= \frac{E_a}{Z_1 + Z_2 + Z_0} \\
 &= \frac{11.547 + j 0}{(0.08092 + j 0.23141) + (0.08092 + j 0.23141) + (1.26472 + j 1.09921)} \\
 &= \frac{11.547 + j 0}{1.42656 + j 1.56203} \\
 &= \frac{11.547 \angle 0}{2.1154 \angle 47.5} = 5.4585 \angle -47.5 \text{ kA}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan arus gangguan satu fasa ke tanah dengan perhitungan manual sebesar 5.4585<-47.5 kA. Hasil simulasi arus hubung singkat satu fasa ke tanah dengan ETAP sebesar 5.459 kA.

Perhitungan arus hubung singkat dua fasa ke tanah

Arus gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah lokasi gangguannya masih sama di bus 9. Data – data yang diperoleh adalah data impedansi yang ditunjukkan pada tabel 4 dan data jaringan 20 kV sebagai basis perhitungannya. Perhitungan arus hubung singkat dua fasa ke tanah adalah sebagai berikut:

$$Ea = \frac{20}{\sqrt{3}} = 11.547 \text{ kV}$$

$$\begin{aligned} Ia1 &= \frac{Ea}{Z1 + \frac{Z2 \times Z0}{Z2 + Z0}} \\ &= \frac{11.547 + j 0}{(0.08092 + j 0.23141) + \frac{(0.08092 + j 0.23141) \times (1.26472 + j 1.09921)}{(0.08092 + j 0.23141) + (1.26472 + j 1.09921)}} \\ &= \frac{11.547 + j 0}{2.61036 + j 2.42272} \\ &= \frac{11.547 \angle 0}{3.56139 \angle 42.86} = 3.242 \angle -42.86 \text{ kA} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan manual arus gangguan dua fasa ke tanah sebesar 3.242 < -42.86 kA. Hasil simulasi arus hubung singkat dua fasa tanah dengan ETAP sebesar 3.238 kV.

### 3.3 Settingan GFR ( *Ground Fault Relay* ) di *incoming* dan *outgoing*

Untuk menentukan settingan GFR ( *Ground Fault Relay* ) di *incoming* data yang harus diperlukan adalah data yang didapatkan dari PLN Palur sebagai berikut:

1. Jarak gangguan di incoming 8 %
2. Arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah sebesar 5.211 kA
3. Rasio ct = 2000 : 1
4. Waktu =  $\Delta t + t = 0.4 + 0.58 = 0.98$  detik

Perhitungan settingan GFR sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{arus settingan primer} &= 8\% \times \text{arus hubung singkat 1 fasa ke tanah} \\ &= 8\% \times 5.4585 \\ &= 0.43668 \text{ kA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{arus settingan sekunder} &= I_{set \text{ primer}} \times \frac{1}{\text{rasio ct}} \\ &= 0.43668 \times \frac{1}{(2000:1)} \\ &= 0.43668 \text{ kA} \end{aligned}$$

Untuk setelan waktu GFR (*Ground Fault Relay*)

$$t = \frac{0.14 \times tms}{\left(\frac{I_{fault}}{I_{set \text{ primer}}}\right)^{0.02} - 1}$$

$$0.98 = \frac{0.14 \times tms}{\left(\frac{5.4585}{0.43668}\right)^{0.02} - 1}$$

$$0.98 = \frac{0.14 \times tms}{0.0361}$$

$$0.14 \times tms = 0.98 \times 0.0361$$

$$tms = \frac{0.035378}{0.14}$$

$$tms = 0.2527 \text{ detik}$$

Untuk menentukan settingan GFR ( *Ground Fault Relay* ) di *outgoing* data yang harus diperlukan adalah data yang didapatkan dari PLN Palur sebagai berikut:

1. Jarak gangguan di incoming 10 %

2. Arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah sebesar 16.179 KA
3. Rasio ct = 400 : 1
4. Waktu =  $\Delta t + t = 0.4 + 0.56 = 0.96$  detik

Perhitungan settingan GFR sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{arus settingan primer} &= 10 \% \times \text{ arus gangguan 1 fasa ke tanah} \\ &= 10 \% \times 5.4585 \\ &= 0.5485 \text{ kA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{arus settingan sekunder} &= I_{\text{set primer}} \times \frac{1}{\text{rasio ct}} \\ &= 0.5485 \times \frac{1}{(400:1)} \\ &= 0.001364 \text{ kA} \end{aligned}$$

Untuk setelan waktu GFR ( *Ground Fault Relay* )

$$t = \frac{0.14 \times tms}{\left( \frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set primer}}} \right)^{0.02} - 1}$$

$$0.96 = \frac{0.14 \times tms}{\left( \frac{5.4585}{0.5485} \right)^{0.02} - 1}$$

$$0.96 = \frac{0.14 \times tms}{0.04702}$$

$$0.14 \times tms = 0.96 \times 0.0471$$

$$tms = \frac{0.045216}{0.14}$$

$$tms = 0.3229 \text{ detik}$$

Didapatkan bahwa perhitungan setting waktu GFR di *incoming* sebesar 0.2527 detik. Perhitungan settingan waktu GFR di *outgoing* sebesar 0.3229 detik

#### 4. PENUTUP

Berdasarkan hasil analisis pengaruh sistem pengetanahan terhadap arus gangguan tanah pada jaringan distribusi 20 kV di PT.PLN ( persero ) Rayon Palur dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

a) Arus gangguan tanah pada jaringan distribusi 20 kV di PLN Palur sebagai berikut:

1. Hasil simulasi pengaruh jenis pengetanahan, menunjukkan bahwa pengetanahan solid menghasilkan gangguan tanah yang lebih besar dari pada jenis pengetanahan resistor dan reaktor. Untuk pengetanahan resistor dan reaktor dengan nilai impedansi yang sama maka arus gangguannya lebih besar pada pengetanahan reaktor.
2. Semakin kecil nilai impedansi pengetanahannya maka arus gangguan tanahnya akan semakin besar dan semakin besar nilai impedansi pengetanahannya maka arus gangguan tanahnya semakin kecil.
3. Semakin jauh lokasi gangguan tanah maka arus gangguan tanahnya akan semakin kecil dan semakin dekat lokasi gangguan tanahnya maka arus gangguan tanahnya semakin besar.
4. Hasil perhitungan manual arus gangguan tanah satu fasa ke tanah didapatkan 5.4585<-47.5 kA sedangkan arus hubung singkat dua fasa ke tanah didapatkan sebesar 3.242<-42.86 kA KA.

b) Tegangan gangguan tanah pada jaringan distribusi 20 kV di PLN Palur sebagai berikut:

1. Hasil simulasi pengaruh jenis pengetanahan, menunjukkan bahwa ketiga jenis pengetanahan solid, resistor dan reaktor diperoleh nilai tegangan reaktor lebih besar dari pengetanahan solid dan resistor.
2. Semakin besar impedansi pengetanahan maka tegangan gangguannya semakin besar dan sebaliknya semakin kecil nilai impedansinya maka tegangan gangguan semakin kecil.
3. Semakin dekat lokasi gangguan tanah maka semakin kecil tegangan gangguan tanah.

c). Settingan waktu GFR di *incoming* jaringan 150 kV sebesar 0.2527detik dan settingan waktu GFR di *outgoing* jaringan 20 kV sebesar 0.3229 detik di Penyulang Palur 19.

## PERSANTUNAN

Penulis mengucapkan puja dan puji syukur atas kehadiran ALLAH SWT yang telah memberikan banyak kenikmatan dan tak lupa salam serta solawat kepada Nabi MUHAMMAD SAW sehingga laporan penulisan ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis mengucapkan terimakasih kepada kedua orang tua yang telah mendoakan dan memberikan semangat, terimakasih juga kepada Bapak Agus Supardi S.T., M.T selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingannya dalam proses pembuatan laporan tugas akhir, terimakasih juga kepada Bapak Yoyok selaku kepala teknisi di PT.PLN Rayon Palur yang telah menemani saya dalam proses pencarian data – data jaringan, terimakasih kepada sahabat - sahabat elektro bersatu angkatan 2012 semuanya yang selalu member bantuanya dan semangatnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Mathur, akhilesh., Pan, vinay., das biswarup. 2015. Unsymmetrical short-circuit analysis for distribution system considering loads. *Journal Electrical Power and Energy Systems*, 70, 27-38.
- Moura, Ailson P., Paces lopes, J. A., de Maura ardiano, A.f. 2015. Sequence networks to the calculation of two-simultaneous faults at the same location. *Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 69, 414-420.
- Ouyang, Jinxing., zheng, Di., Xiong., Xiaofu., Xiao, chao., Yu., Rui. 2016. Short circuit current of doubly fed induction and asymmetrical voltage drop. *Journal Of Renewable Energy*, 88, 1-11
- Saha, s., aldeen, m., tan, C. P. 2013. Unsymmetrical fault diagnosis in transmission/distribution networks. *Journal of Electrical Power and Energy System*, 45, 252-263.
- Talaq, jawad. 2011. Fault calculations using three terminal Thevenin's equivalent circuit. *Journal Electrical Power and Energy Systems*, 33, 1462-1469.